

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт космических и информационных технологий
Базовая кафедра геоинформационных систем

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ В.И. Харук
подпись

« _____ » _____ 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

09.03.02 - Информационные системы и технологии

Использование данных дистанционного зондирования для картирования
усохших насаждений государственного природного заповедника «Столбы»

Руководитель _____ доцент каф. Б-ГИС, к. б. н. Е.В. Федотова
подпись, дата

Выпускник _____ А. Э. Садыгов
подпись, дата

Нормоконтролер _____ Е.В. Федотова
подпись, дата

Красноярск 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Описание предметной области, используемых приборов и исходных данных	4
1.1 Описание растительного покрова государственного природного заповедника «Столбы»	4
1.2 Исходные данные, используемые в данной работе.....	9
1.3 Используемое программное обеспечение	11
1.4 Описание приборов Landsat ETM+, OLI	12
2 Методы классификации многоспектральных изображений.....	14
2.1 Классификация с обучением методом минимального расстояния.....	15
2.2 Классификация с обучением методом расстояния Махаланобиса	15
2.3 Классификация с обучением методом параллелепипеда	16
2.4 Классификация с обучением методом максимального правдоподобия....	16
2.5 Методы обнаружений изменения подстилающей поверхности по данным дистанционного зондирования.....	17
3 Обработка и анализ исходных данных	20
3.1 Предварительная обработка исходных данных.....	20
3.2 Применение метода для классификация усохших насаждений.....	22
4 Компоновка карт и оценка площадей усохших темнохвойных насаждений ..	23
4.1 Компоновка карт.....	23
4.2 Оценка площади усохших насаждений	27
Заключение.....	28
Список использованных источников.....	29

ВВЕДЕНИЕ

Изменения климата, согласно прогнозам, повлияют на видовое разнообразие и продуктивность бореальных лесов, повлекут географическое по масштабам перераспределение древесных растений. В этой связи актуальна проблема воздействия изменений климата на рост основных лесообразующих видов таёжных лесов.

Сценарии климатических изменений предсказывают увеличение засушливости климата, возрастание частоты и силы засух. Это может привести к падению продуктивности лесов и увеличению водного стресса и усыхания, вызванного синергией засух и климатически обусловленных изменений динамики дендрофильных насекомых и грибов. Водный стресс приводит как к уменьшению прироста, так и к уменьшению синтеза смолы, что повышает восприимчивость деревьев к атакам насекомых. Кроме того, повышение температуры непосредственно влияет на динамику численности насекомых.

В России усыхание темнохвойных лесов зафиксировано от западной границы до дальневосточного региона. В начале XXI века климатически обусловленное усыхание описано в качестве третьей по величине причины после пожаров и атак насекомых. Усыхание пихты и сосны сибирской наблюдается в горах Кузнецкого Алатау и Саян, а также в горах Забайкалья [1-3].

Целью работы является составление карты темнохвойных лесов заповедника «Столбы» и выделение усохших древостоев.

Основные задачи выпускной квалификационной работы:

- по данным ДЗЗ начала 2000 г. – 2010 г. составить карту лесов заповедника «Столбы»;
- по данным ДЗЗ лета 2017 г. – зимы 2018 г. составить карту современного состояния лесного покрова;
- обнаружение изменений и картирование усохших древостоев.

1 Описание предметной области, используемых приборов и исходных данных

1.1 Описание растительного покрова государственного природного заповедника «Столбы»

Государственный природный заповедник «Столбы» в нынешних границах существует с 1947 года. Его площадь составляет около 47 тыс. га.

Абсолютное господство во флоре заповедника принадлежит бореальным видам, приуроченным к обширной зоне темнохвойной тайги.

На территории заповедника распространено около 150 видов растений, подлежащих особой охране, и более 400 видов, имеющих хозяйственное значение: лекарственные (264), кормовые (115), медоносные (142), декоративные (182) растения [4].

В силу ряда исторических и климатических причин видовой состав древесной флоры в Саянах беден. В заповеднике всего 8 лесообразующих пород: светлохвойные — лиственница сибирская, сосна обыкновенная; темнохвойные — пихта сибирская, ель сибирская, кедр сибирский; мелколиственные — осина, березы белая и повислая.

Лиственница сибирская в прошлом была в лесах заповедника главной лесообразующей породой. Теперь лиственничники, всегда очень старые, занимая 9% всей лесной площади, встречаются только в виде небольших островков среди других лесов, выделяясь могучим ростом деревьев (до 30 м) и большим диаметром стволов. Лиственница отличается наименьшим, по сравнению с остальными лесными породами, приростом. Молодые лиственничные леса, также, как и возобновление лиственницы под пологом леса, почти полностью отсутствуют. Все это свидетельствует о том, что лиственница в лесах заповедника представляет собой регрессирующий вид [4].

Сосна обыкновенная наиболее широко распространена в заповеднике (сосняки занимают 41% лесной площади). Сосновые леса представлены во всех

его районах, однако роль и значение сосны в них различны. Так, в поясе низкогорной подтайги сосняки занимают две трети площади, их возникновение здесь связано с выпадением лиственницы из древостоя коренных светлохвойных лесов. Поясу среднегорной тайги сосна в основном чужда и лишь в наименее влажных местообитаниях образует древостой с обязательной примесью темнохвойных пород. Возобновление здесь очень слабое – сосновый подрост не выдерживает конкуренции с подростом пихты, ели и кедра.

Абсолютного господства сосна достигает в районе выхода сиенитов, где образует почти чистые леса, господствующие здесь. Возобновляется сосна успешно, повсеместно с примесью темнохвойных пород, однако последние усыхают, не достигая древесного яруса [4].

Пихтовые леса занимают 25% лесной площади заповедника и почти целиком сосредоточены в поясе среднегорной тайги. Пихта не только выступает здесь в роли главного лесообразователя, но имеет тенденцию к расширению своего ареала за счет сокращения площади лиственничных и отчасти сосновых лесов. Между светлохвойной подтайгой и чистой пихтовой тайгой она образует хорошо выраженный переходный пояс, где в сосновых и мелколиственных древостоях заметна примесь пихты. По речным долинам языки пихтарников спускаются в низкогорья значительно ниже сплошных пихтовых массивов. Пихта хорошо возобновляется, преобладая в подросте всех лесов таежного пояса и на смежных с подтайгой участках. Даже в сосняках сиенитового района намечается такая тенденция. Это характеризует пихту в заповеднике как господствующую прогрессирующую породу.

Ель сибирская играет подчиненную роль (ельники занимают всего 7% лесопокрытой площади), но всюду она постоянный спутник пихты. Однако ель, особенно чувствительная к континентальности климата, как и повсеместно в Восточной Сибири, явно тяготеет к речным долинам, и в них ее значение повышается до роли господствующей породы [4].

Кедр сибирский в качестве незначительной, но постоянной примеси участвует в составе всех темнохвойных лесов таежного пояса. Леса с

преобладанием кедра встречаются в заповеднике редко (2% лесной площади). Все кедровники сосредоточены в центральной части заповедника, в верховьях рек на основных водораздельных хребтах и представляют собой языки кедровой тайги, спустившиеся по речным долинам из вышележащего пояса. Кедр успешно возобновляется под пологом всех таежных древостоев, при этом участие его в подросте незначительно, но постоянно. Однако кедровые леса не расширяются из-за сильной конкуренции пихты. В районе выхода сиенитов под пологом чистых сосняков кедр, как и пихта, остается в ярусе подроста, не выходя в древесный полог.

Осина — третья по площади распространения древесная порода заповедника. Осинники в равной степени свойственны всем районам и занимают в них 12–17% площади. Эта порода повсеместно сменяет после пожаров и рубок хвойные леса. В таежных осинниках наличие старых лиственниц, примесь темнохвойных пород (главным образом, пихты) в древостое и обильный темнохвойный подрост свидетельствуют о смене лиственничной тайги пихтовой. Возобновление самой осины здесь слабое. Таежные осинники представляют собой лишь этап, через который проходит восстановление темнохвойных древостоев [4].

Оба вида берез распространены по всему заповеднику, но участки березовых лесов невелики (5% лесной площади) и сосредоточены главным образом в поясе подтайги. Все березняки - производные, возникли в результате нарушения коренных древостоев. Если нет повторных пожаров и рубок, березняки в низкогорье и районе выхода сиенитов сменяются сосняками, а в тайге — темнохвойными древостоями. Возобновление березы хорошо идет в светлых сосновых и березовых лесах.

Растительный покров заповедника является переходным звеном от лесостепной растительности Красноярской котловины к горно-таежным лесам Восточного Саяна. В растительности здесь представлены два высотных пояса: низкогорный светлохвойный подтаежный в высотных пределах 200 – 400 (500) м н. у. м. и среднегорно-таежный темнохвойный с высотами 450-800 м.

Первый пояс выражен в окраинной части заповедника и представляет узкую полосу (не шире 6 – 7 км) с сильно расчлененным рельефом. В этом высотном поясе безраздельно господствуют светлохвойные (сосново-лиственничные) леса на серых лесных почвах, очень типичные для всей Средней Сибири, занимая все местообитания от сухих до влажных. Зональными (наиболее соответствующими климату этого пояса) являются светлохвойные леса умеренно влажных местообитаний. Они покрывают склоны всех экспозиций, за исключением самых северных и крутых южных [4].

Район низкогорий включен в территорию заповедника поздно: северная часть в 1936 г., а южная – только в 1946 г. Эта периферийная часть, близкая к населенным пунктам, длительное время подвергалась эксплуатации человеком, поэтому коренные древостой сосново-лиственничных лесов сохранились лишь в немногих местах, преимущественно в северо-восточном районе заповедника. В большей же части подтаежных лесов лиственница в прошлом интенсивно вырубалась на постройки Красноярска и окрестных деревень, и сосново-лиственничные насаждения превращались в почти чистые сосняки. Последние в свою очередь из-за многократных пожаров заменялись березняками в умеренно увлажненных местообитаниях и осинниками – в более сырых.

Под пологом этих лесов возобновляются сосна и мелколиственные породы, тогда как подрост лиственницы практически отсутствует.

По крутым южным склонам в лесной фон вкрапливаются небольшие (до 3 га) степные островки — последние проявления самой северной в регионе Красноярской лесостепи. Они представлены фрагментами дерновинных, кустарниково-полынных и луговых разнотравных степей.

Выше пояса светлохвойной подтайги лежит среднегорно-таежный темнохвойный пояс, охватывающий около пяти шестых всей территории заповедника. Расположенный на кристаллических породах, он отличается от предыдущего плавными и мягкими очертаниями рельефа и чисто лесным характером растительного покрова. Темнохвойная тайга смешанного состава на

горно-подзолистых почвах распространена здесь повсеместно от вершин хребтов до речных долин. При этом в большинстве насаждений района преобладает пихта, уступая господство в речных долинах ели, а в верховьях речек – кедру. Под древесным пологом интенсивно возобновляются все темнохвойные породы, особенно – пихта.

В этом поясе коренные пихтово-лиственничные насаждения сохранились в настоящее время только в суховатых местообитаниях крутых южных склонов, так как лиственница повсеместно вытесняется пихтой. О широкой климатической смене пород свидетельствуют более молодой возраст (в среднем 105-125 лет) пихтовых насаждений по сравнению с лиственничными (170-200), обильный и жизнеспособный пихтовый подрост, обеспечивающий будущее этой породы, отсутствие возобновления лиственницы даже в коренных насаждениях.

Влияние человека на растительность тайги оказалось незначительным по сравнению с другими районами заповедника. Нарушенность этих лесов вызвана, главным образом, пожарами. Даже низовые пожары губительны для темнохвойного подроста, поэтому восстановление коренного древостоя здесь происходит со сменой пород (в основном через осинники). В напочвенном покрове в первую очередь повреждается и уничтожается моховой ковер, что коренным образом меняет тепловой и водный режимы почвы. На первых стадиях восстановления гари зарастают иван-чаем. Позднее его сменяет вейник тупоколосковый. Остатки коренного покрова тайги всегда присутствуют на гари в тех больших количествах, чем старше возраст гари. Таежный покров со временем восстанавливается. Но при повторных пожарах таежные зеленомошные сообщества превращаются в крупнотравные.

В районе выхода на дневную поверхность сиенитов почвы маломощны и хрящеваты. Пихта, будучи очень требовательной породой, уступает здесь место сосне, которая лучше других мирится с бедностью почв и недостаточностью увлажнения. В этом районе господствуют чистые сосняки. Обильный темнохвойный подрост не достигает даже второго яруса и остается “сидячим”. Склоны всех экспозиций сиенитового массива (за исключением прямых

северных и крутых южных) заняты сосняками чернично-зеленомошными. По вершинам грив, в верхних частях южных склонов вблизи выхода на поверхность сиенитовых скал (то есть в более сухих местообитаниях на маломощных сильно хрящеватых почвах) развиваются сосняки бруснично-зеленомошные. Подрост здесь редкий, преимущественно сосновый, тогда как темнохвойные породы представлены единичными нежизнеспособными экземплярами.

Район выхода сиенитов более ста лет посещается людьми, и поэтому растительность его значительно изменена вытаптыванием и многочисленными низовыми пожарами, разрушающими моховой покров. При этом боро-таежные виды вытесняются лесным разнотравьем и злаками (коротконожкой перистой, различными видами вейников) [4].

1.2 Исходные данные, используемые в данной работе

Исходными данными, для выполнения работы стали многоспектральные спутниковые снимки, полученные со спутников Landsat 8 OLI и Landsat 7 ETM+.

Таблица 1 – Даты съемки

Прибор	Дата съемки
Landsat 8 OLI	2017-05-28; 2017-06-20; 2017-08-07; 2018-03-19;
Landsat 7 ETM+	1999-07-06

А также наземные данные с координатами мест усохших темнохвойных насаждений, полученные сотрудниками Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (рисунок 1).

Таблица 2 – Координаты мест усохших темнохвойных насаждений

№	Дивногорск		Заповедник «Столбы»	
1	55 51 09.4N	92 24 50.3E	55 52 45.1N	92 45 57.8E
2	55 51 50.4N	92 23 51.4E	55 53 49.4N	92 44 46.0E
3	55 53 50.0N	92 19 49.3E	55 46 34.1N	92 43 53.0E
4	55 50 17.3N	92 26 32.5E	55 44 21.7N	92 50 51.5E
5	55 50 05.2N	92 24 31.0E		

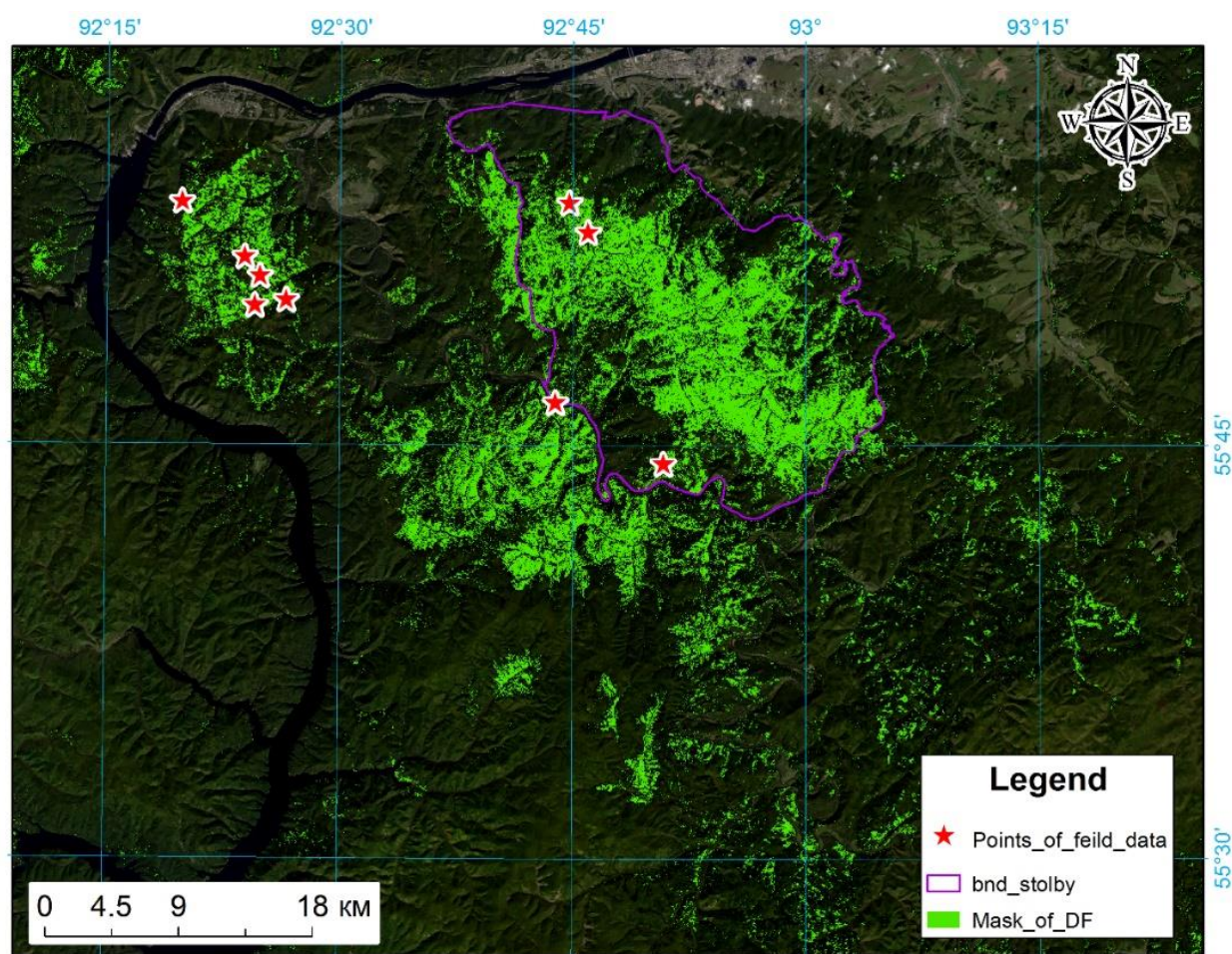


Рисунок 1 – Положение наземных точек усохших темнохвойных насаждений

1.3 Используемое программное обеспечение

ERDAS Imagine – программный продукт, предназначенный для обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Продукт предназначен для работы с растровыми данными. Он позволяет обрабатывать, выводить на экран монитора и подготавливать для дальнейшей обработки в программных приложениях геоинформационных системах (ГИС) и системах автоматизированного проектирования (САПР) различные картографические изображения. ERDAS IMAGINE может также работать в режиме инструментального средства (Toolbox), позволяющего производить многочисленные преобразования растровых картографических изображений и одновременно способного снабжать их географической информацией [5].

Манипулируя значениями растровых данных и их географической позицией, можно обнаружить особенности местности, которые в нормальных условиях никогда не просматриваются, определять географические координаты этих объектов, которые при других условиях представляли ли бы из себя исключительно объекты графики [5].

ArcGIS — это система для построения ГИС любого уровня. ArcGIS дает возможность легко создавать данные, карты, глобусы и модели в настольных программных продуктах, затем публиковать их и использовать в настольных приложениях, веб-браузерах и мобильных устройствах. Разработчикам ArcGIS дает все необходимые инструменты для создания собственных приложений для различных платформ [6].

ArcGIS позволяет визуализировать (представить в виде цифровой карты) большие объёмы статистической информации, имеющей географическую привязку. В среде создаются и редактируются карты всех масштабов: от планов земельных участков до карты мира, также в ArcGIS встроен широкий инструментальный анализ пространственной информации [6].

1.4 Описание приборов Landsat ETM+, OLI

Все спутники Landsat выводились на субполярные солнечно–синхронные орбиты. Высота орбит первых трех спутников составляла 900 км, а период повторяемости съемки равнялся 18 дням. Следующие спутники этой серии выводились на орбиты высотой 700 км с периодом повторной съемки 16 дней. Для достижения оптимальных условий освещенности запуски проводили так, чтобы время пересечения экваториальной плоскости у всех спутников было примерно одинаковым [7].

Таблица 3 – Характеристики спутников Landsat

Прибор	Дата Запуска	Наклонение, град.	Время пересечения плоскости экватора	Размер сцены, км	Разрешение, м	Кол-во спектральных каналов
ETM+	15.04.1999	98,2	10:00	185	30	6
OLI	11.02.2013	98,2	10:00	185	30	9

Таблица 4 – Спектральные диапазоны изображения

Слои	Landsat 8 OLI, канал (диапазон, мкм)	Landsat 7 ETM+, канал (диапазон, мкм)
1	2 Синий (Blue) (0,45 - 0,51)	1 побережья и аэрозоли (Coastal / Aerosol, New Deep Blue) (0.45-0.52)
2	3 Зеленый (Green) (0,53 - 0,59)	2 синий (Blue) (0.52-0.60)
3	4 Красный (Red) (0,64 - 0,67)	3 зеленый (Green) (0.63-0.69)

4	5 Ближний ИК (Near Infrared, NIR) (0,85 - 0,88)	4 Красный (Red) (0.77-0.90)
5	6 Средний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 2) (1,57 - 1,65)	5 Ближний ИК (Near Infrared, NIR) (1,55-1,75)
6	7 Средний ИК ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 3) (2.11 - 2.29)	7 Средний ИК (Short Wavelength Infrared, SWIR 3) (2.09-2.35)

2 Методы классификации многоспектральных изображений

Классификация изображений – это процесс извлечения классов информации из многоканального растрового изображения. Растр, полученный в результате классификации изображения, можно использовать для создания тематических карт. В зависимости от характера взаимодействия аналитика с компьютером в процессе классификации, различают два типа классификации изображений: классификацию с обучением и классификацию без обучения [8].

Метод классификации с обучением учитывает информацию о типах объектов и вероятности их представления данными снимка, эталонных значениях спектральных характеристик этих объектов.

Классификация с обучением предполагает наличие эталона, с яркостью которого сравнивается яркость каждого пикселя. В результате, имея несколько эталонов, заранее заданных, мы получаем множество объектов, разделенных на классы. Эта классификация работает только в случае, если известны заранее те объекты, которые отображены на снимке, классы четко различимы и их количество невелико [8].

При проведении классификации с обучением работа проходит в несколько этапов. На первом – определяется набор объектов, который предполагается выделить по снимкам. На втором этапе происходит «обучение», то есть задаются наборы яркостей пикселей (эталонные обучающие выборки), типичные для тех объектов, которые мы хотим показать. Следующий этап – это собственно классификация, во время которой компьютер просматривает яркостные характеристики каждого пикселя по всем зональным снимкам и определяет, к какому из заданных эталонных классов он относится [9].

Среди алгоритмов классификации с обучением выделяются алгоритмы, основанные на методах:

- метод параллелепипедов;
- метод классификации по минимальному расстоянию;
- метод дистанции Махаланобиса;

- метод классификации по правилу максимального правдоподобия.

Все названные выше алгоритмы реализованы в специализированном программном комплексе ERDAS Imagine, предназначенном для анализа космических изображений и использует язык программирования IDL (Interactive Data Language), который позволяет в дальнейшем расширять возможности программного комплекса путем создания специализированных модулей [10].

2.1 Классификация с обучением методом минимального расстояния

Этот способ используют, когда спектральные признаки разных классов похожи, и диапазоны значений их яркости перекрываются. В процессе классификации способом минимального спектрального расстояния предварительно создают эталонные участки. Данную функцию выполняет эксперт на основании знаний о местности. Эксперты создают регионы интересов (ROI), при использовании которых будет производиться классификация с обучением. Основные параметры, задаваемые при классификации:

- Select Classes from Regions — выделение классов из областей интереса;
- Maximum Stdev from mean — максимальное стандартное отклонение от среднего значения класса;
- Maximum distance error — максимальная ошибка расстояния (в яркостных значениях, DN).

Пиксели, расстояние до которых будет больше, чем эта величина, не будут классифицированы. Если задать второй и третий параметры одновременно, то будет использоваться наименьшее значение из двух остальных [11].

2.2 Классификация с обучением методом расстояния Махаланобиса

Метод расстояния Махаланобиса— очень похож на способ с минимальным расстоянием, только при классификации измеряется не эвклидово расстояние между векторами, а расстояние Махаланобиса, которое учитывает дисперсию значений яркости эталона [11].

Расстояние Махаланобиса (D_m) от многомерного вектора $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)^T$ до множества с вектором среднего $\mu = (\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_N)^T$ и матрицей ковариации S определяется по формуле 1:

$$D_m = \sqrt{(x - \mu)^T S^{-1} (x - \mu)} \quad (1)$$

где x – вектор характеристик входного текста;
 μ – вектор средних для некоторого класса текстов;
 S – объединенная ковариационная матрица.

2.3 Классификация с обучением методом параллелепипеда

Это расстояние рассчитывается совокупно по всем спектральным каналам, то есть все как в способе минимального расстояния, но способ параллелепипедов использует дисперсию (D) что делает этот метод точнее, поскольку известно, что для выборки, значения которой распределены в соответствии с нормальным законом, 95.5% ее значений лежат в пределах отклонений от среднего значения. Поэтому, при классификации методом параллелепипедов в данный класс включаются пиксели, значения яркости которых отстоят от среднего обучающей выборки меньше, чем на двойную дисперсию [11].

Если обрисовать полученные области классов на плоскости (двумерное пространство признаков) полученная фигура будет прямоугольником, в 3х-мерном пространстве – параллелепипедом [11].

2.4 Классификация с обучением методом максимального правдоподобия

Пусть имеется спутниковое сканерное изображение земной поверхности, полученное в n спектральных каналах, которое представляет собой совокупность пикселей, яркость (i, j) -го пикселя описывается вектором f_{ij} с n компонентами –

значениями яркости в каждом канале. Требуется отнести этот пиксел к одному из K классов. Предварительно создается обучающая выборка – спутниковое изображение, на котором по наземным данным определены участки, отвечающие различным классам (например, водоемы, сельхозпосевы, городские и сельские застройки и т. п.). Пользователь указывает границы этих классов, происходит процесс обучения, т. е. компьютер оценивает вектор математического ожидания и корреляционную матрицу для каждого из классов. Далее производится обработка интересующего нас спутникового изображения [9].

2.5 Методы обнаружений изменения подстилающей поверхности по данным дистанционного зондирования

Основные методические приемы совместного анализа включают, во-первых, сопоставление разновременных снимков и результатов их обработки, во-вторых, карт, составленных по разновременным съемочным данным, и, в-третьих, архивных карт и снимков.

Наиболее простая по выполнению операция – вычитание (или сложение) разновременных снимков. Однако во многих случаях такой подход требует соблюдения определенных условий, которые частично ограничивают его применение на практике. Снимки должны быть получены одной и той же или аналогичной съемочной системой и приведены к одинаковым условиям съемки, для чего необходимо выполнить дополнительную коррекцию – исключить влияние атмосферы. В противном случае с достаточной уверенностью можно выявлять лишь значительные изменения во внешнем облике территории или отдельных объектов, а к количественным оценкам изменений в яркости объектов подходить с осторожностью [12].

Значительно чаще выполняется сложение преобразованных изображений: результатов квантования, вычисления вегетационного или других индексов, а также классификации. Например, вычитание изображений, предварительно

квантованных на два уровня (вода и суша), показывает изменения в сезонной зарастаемости акватории водной растительностью. Во всех программных пакетах, предназначенных для обработки растровых изображений, предусматривается специальная процедура сопоставления (наложения) двух изображений, в результате выполнения которой создается новое изображение и/или таблица, в которой зафиксированы все сочетания выделов, представленных на сопоставляемых изображениях (например, в ILWIS эта операция выполняется функцией Cross). Непосредственное наложение разновременных аэрокосмических данных часто используется при проведении регулярных наблюдений, мониторинге [12].

Вариант сложения трех разновременных аэрокосмических снимков – синтез цветного изображения. Так, синтез трех снимков в ближней инфракрасной части спектра или результатов вычисления вегетационного индекса, относящихся к трем разным сезонам одного года, позволит проследить прирост зеленой массы растений или дать дополнительные возможности для выделения растительных сообществ, у которых не совпадают фазы вегетативного развития.

Сложение карт, составленных по разновременным снимкам (переходных карт) применяется, если моменты съемки отстоят во времени на десятки лет и сопоставлять, как правило, приходится разнотипные данные, например аэрофотоснимки или фотопланы с космическими снимками или космические снимки, полученные разными съемочными системами. Еще больше усложняется ситуация, если для определения состояния изучаемого объекта в каждый из моментов наблюдения использовано несколько источников. Отличительная особенность и несомненное преимущество серии специально составленных переходных карт – их сопоставимость: единая легенда, одинаковые цензы отбора и обобщения элементов содержания. Все это позволяет провести впоследствии совместный анализ карт средствами геоинформационных технологий.

При использовании архивных карт особое значение имеют два взаимосвязанных обстоятельства: дата съемки, по материалам которой

составлены карты, и точность планового положения объектов на них. Дата съемки далеко не всегда указывается в выходных данных, более того, год издания карты и время, которому соответствует изображенная ситуация, могут не совпадать и отстоять друг от друга на десятки лет. О точном положении объектов свидетельствуют только топографические карты, которые составляются по инструкциям. Важно также учитывать метод составления архивных карт [12].

3 Обработка и анализ исходных данных

3.1 Предварительная обработка исходных данных

С сайта геоинформационного портала United States Geological Survey (USGS) были получены изображения Landsat в виде архива данных, содержащим послойные снимки исследуемой территории в формате GeoTIFF. После скачивания и разархивирования снимков вся дальнейшая работа проходит в ПО ERDAS Imagine. Во вкладке «Raster» переходим в раздел «Spectral» где выбираем пункт «Layer Stack». В открывшемся окне «Layer Selection and Stacking» во вкладке «Input File», с помощью соответствующей иконки в виде папки, выбираем по отдельности каждый нужный нам слой и добавляем кнопкой «Add». Аналогичным способом во вкладке «Output File» указывает путь и название конечного снимка. Кликаем кнопку «OK» и ждем завершения процесса (рисунок 2).

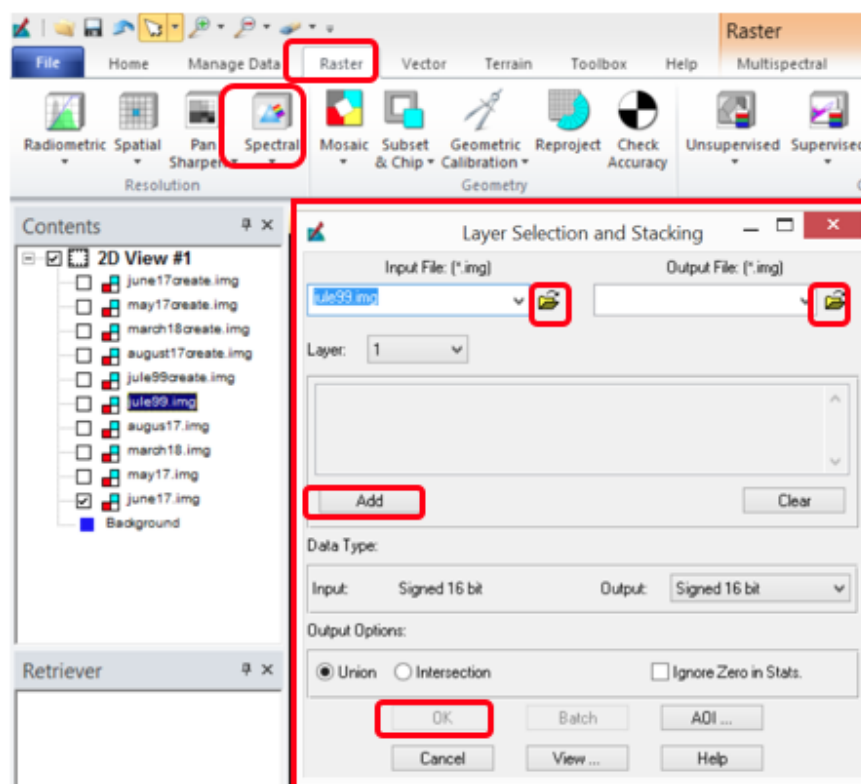


Рисунок 2 – Окно создания многоспектрального снимка в ПО ERDAS Imagine.

После завершения процесса перетаскиваем полученный файл в окно «Contents» и получаем готовый снимок (рисунок 3).

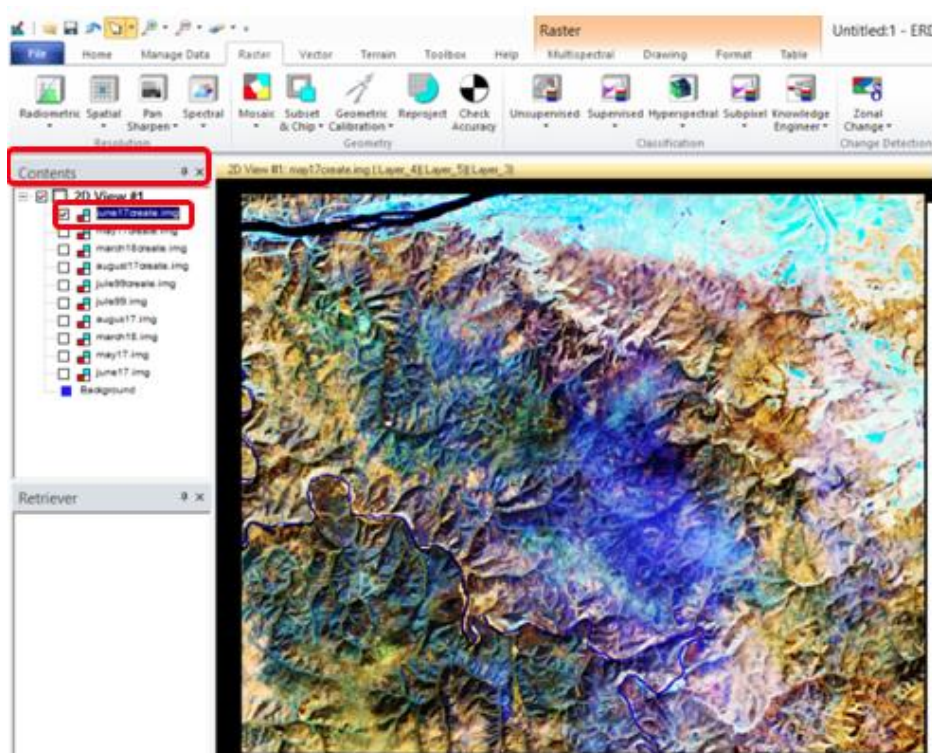


Рисунок 3 – Пример полученного многоспектрального снимка в ПО ERDAS Imagine

Так же был собран многоспектральный снимок из 3,4,5-го слоев (синий, зеленый и ближний ИК диапазоны) скачанного изображения Landsat за 1999 г. и за май 2017 г., чтобы просмотреть видимые на глаз изменения (рисунок 3).

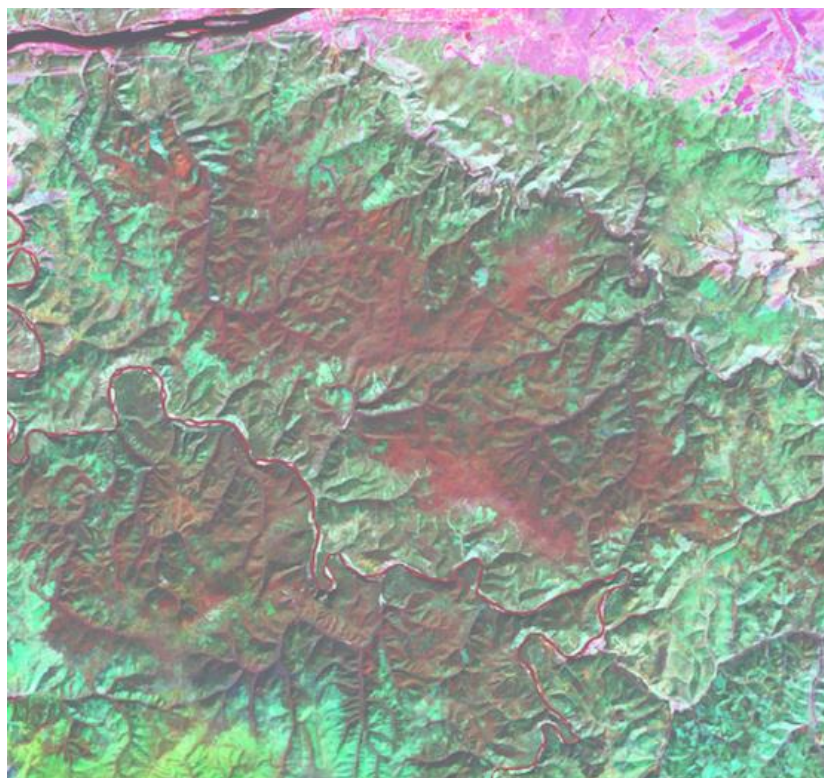


Рисунок 4 – Многоспектральный снимок, собранный из слоев изображений 1999 и 2017 гг.

3.2 Применение метода для классификация усохших насаждений

Первым для классификации был взят снимок за май 2017 г. По имеющимся наземным данным были созданы обучающие выборки для усохших темнохвойных насаждений и для здоровых, при помощи расстояния Джеффриса – Матусита для разделимости обучающих выборок, в виде полигонов на собранном снимке в ПО ERDAS Imagine с помощью вкладки «Drawing». Каждый полигон добавлялся в таблицу сигнатур, с указанным название и цветом. Далее в таблице используя вкладку «Classify» проводилась классификация методом минимального расстояния. Результатом стало изображение с выделенным классом усохших насаждений в формате img.

Вторым для классификации был взят снимок за март 2018 г. Классификация проводилась аналогичным способом, что и раньше по тем же самым обучающим выборкам. Таким же образом была проведена классификация снимка июль 1999 г. / май 2017 г.

4 Компонировка карт и оценка площадей усохших темнохвойных насаждений

4.1 Компонировка карт

Для того, чтобы карта была читабельна, необходимо добавить несколько векторных слоев: территория заповедника, пихтовые насаждения. В результате чего получили карту заповедника «Столбы» с выделенными пихтовыми насаждениями (рисунок 5).

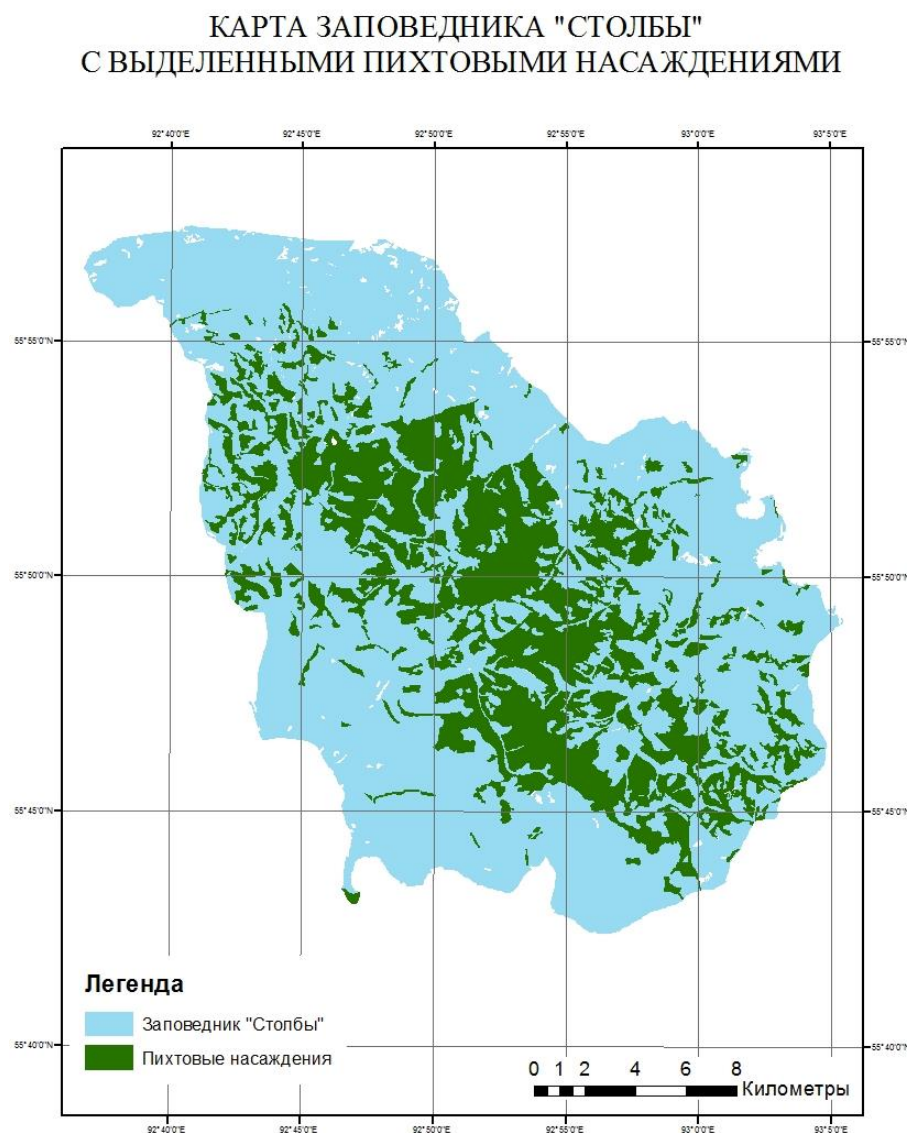


Рисунок 5 – Карта заповедника «Столбы» с выделенными пихтовыми насаждениями

Для построения тематической карты усохших темнохвойных насаждений в заповеднике «Столбы» по состоянию на май 2017 г. необходимо полученные в результате классификации в ПО ERDAS Imagine растровые слои открыть в ПО ArcGIS и добавить к полученной ранее карте заповедника. Вставляем координатную сетку, масштабную линейку и легенду (рисунок 6).

КАРТА УСОХШИХ ТЕМНОХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗАПОВЕДНИКЕ "СТОЛБЫ" МАЙ 2017

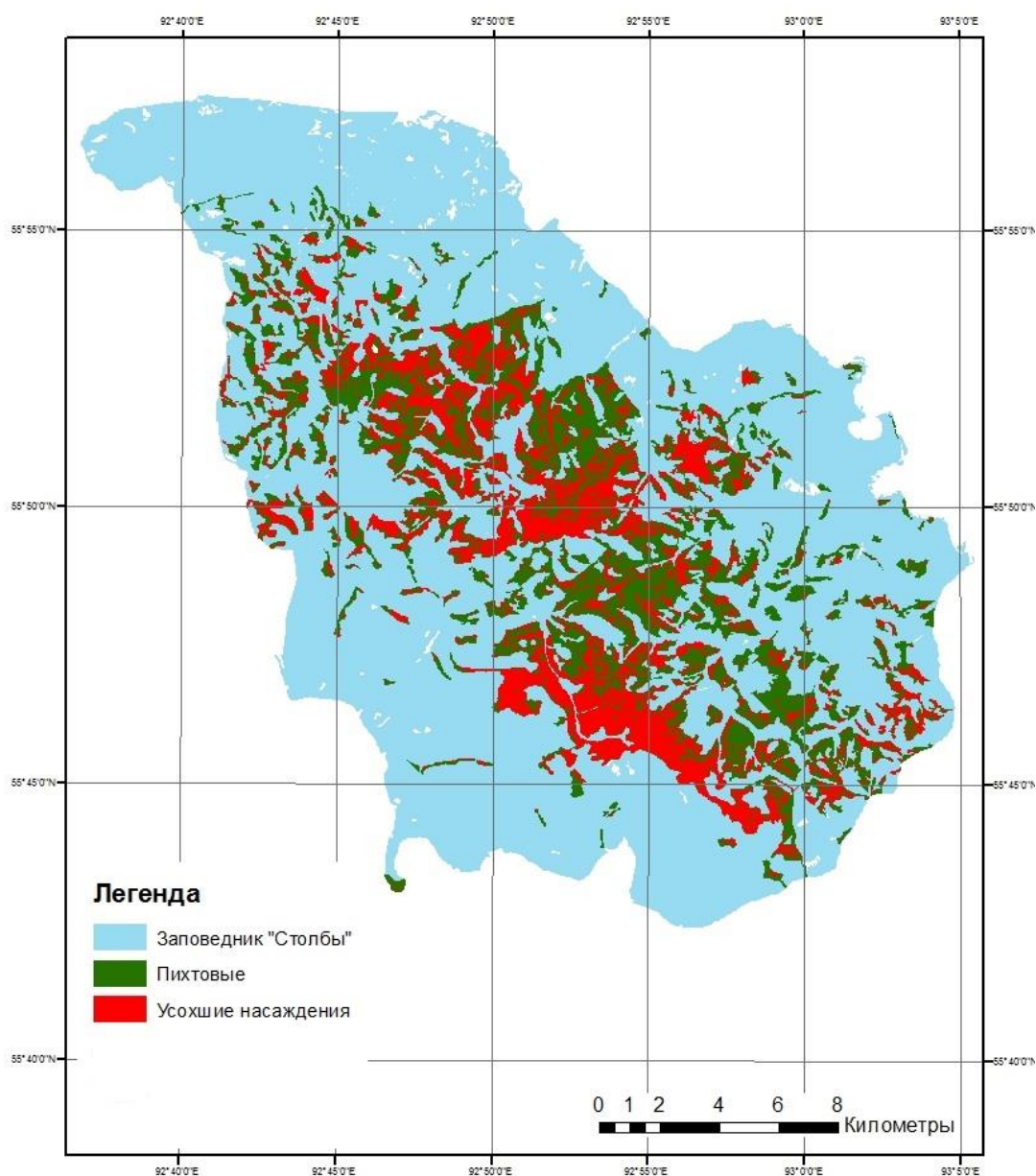


Рисунок 6 – Карта усохших темнохвойных насаждений в заповеднике «Столбы» май 2017 г.

Создаем новый проект в ПО ArcGIS добавляем карту заповедника и полученные растровые слои в результате классификации снимка за март 2018г. в ПО ERDAS Imagine. Вставляем координатную сетку, масштабную линейку и легенду (рисунок 7).

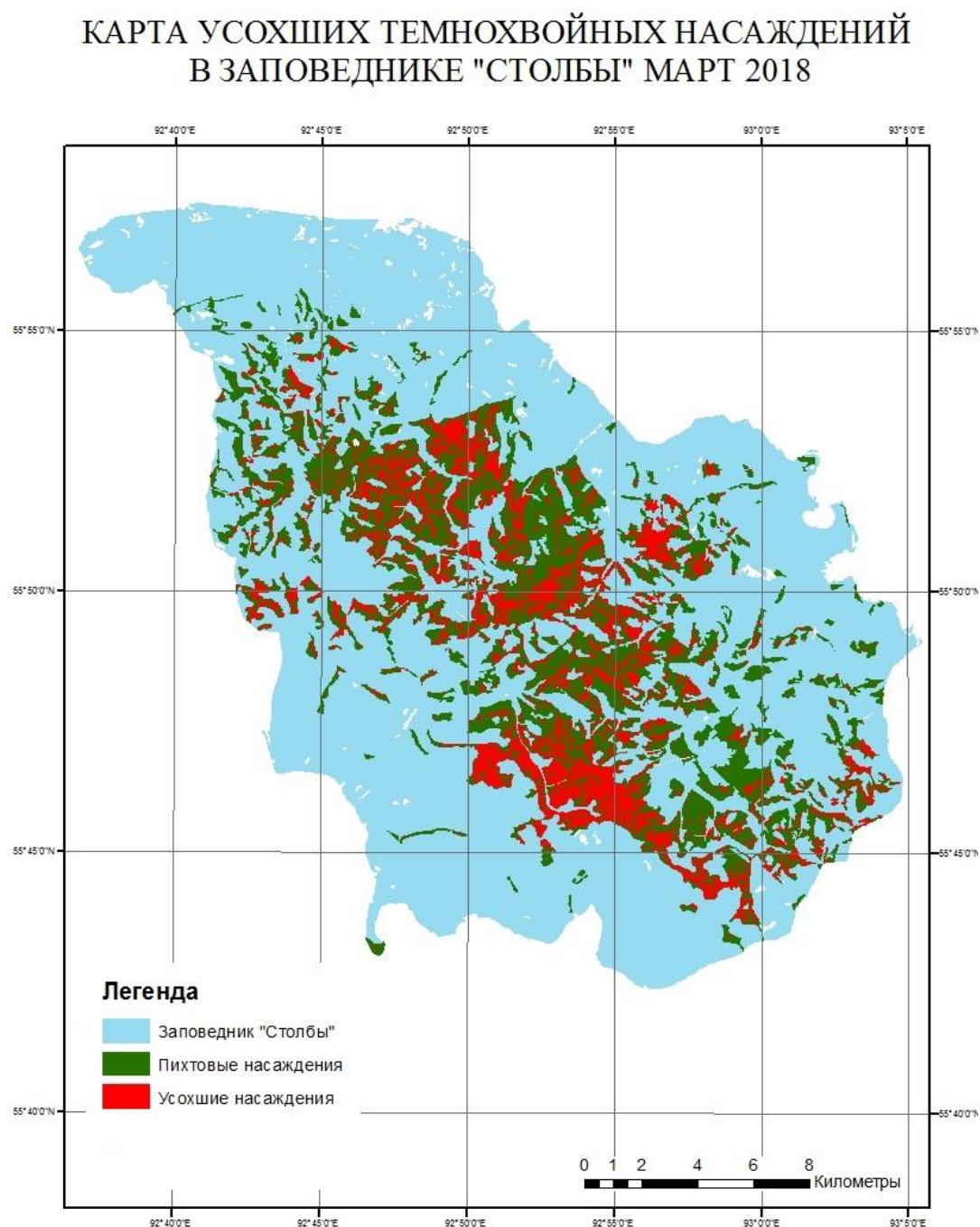


Рисунок 7 – Карта усохших темнохвойных насаждений в заповеднике «Столбы» март 2018 г.

Вновь создаем новый проект в ПО ArcGIS и аналогичным способом, что и раньше добавляем карту заповедника, растровые слои комбинированного снимка за июль 1999 г. / май 2017 г. и элементы карты (рисунок 8).

КАРТА УСОХШИХ ТЕМНОХВАЙНОБЫЙ НАСАЖДЕНИЙ В ЗАПОВЕДНИКЕ "СТОЛБЫ" ИЮЛЬ 1999/МАЙ 2017

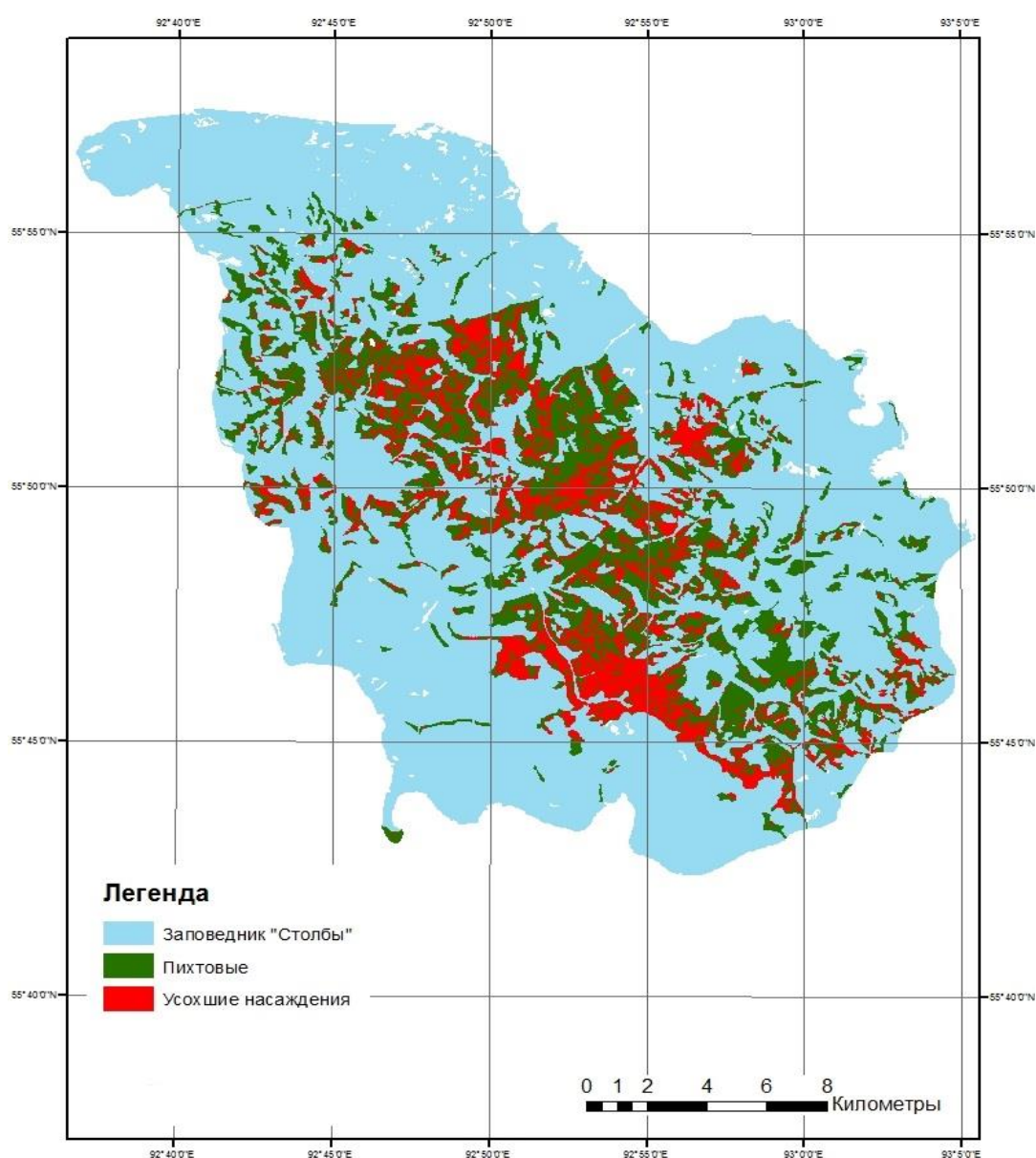


Рисунок 8 – Карта усохших темнохвойных насаждений в заповеднике «Столбы» июль 1999 г. / май 2017 г.

4.2 Оценка площади усохших насаждений

В атрибутивной таблице растрового слоя усохших древостоев необходимо добавить поле для площади каждого полигона. Сумма всех значений полученного столбца умноженное на 900м^2 (так как пространственное разрешение прибора Landsat 30×30 метров) является суммарной площадью всех полигонов с поврежденными древостоями. Площадь усохшего темнохвойного леса в мае 2017 г. составило 6095 га, в марте 2018 г. – 4893 га, в июле 1999 г. / мае 2017 – 5105 га. Площадь всех пихтовых насаждений 13673 га.

Таким образом, площадь усохших темнохвойных насаждений в заповеднике «Столбы» в мае 2017 г. составила 45%, в марте 2018 г. – 36%, в июле 1999 г. / мае 2017 г. – 37%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были изучены особенности использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для классификации и обнаружении изменений подстилающей поверхности с помощью ДЗЗ. Был проведен обзор литературы, по результатам данного этапа были выбраны исходные данные и используемое ПО.

Исходные данные были получены с геопортала USGS, а именно многоспектральные изображения Landsat с пространственным разрешением 30 метров. Было скачано с данного портала 5 снимков, из которых после анализа каждого снимка было выбрано 3 без облачного покрова над исследуемой территорией.

Также было изучено ПО ERDAS Imagine, в котором собирали многоспектральные снимки исследуемой территории и классифицировали их и ПО ArcGIS, в котором проводилась компоновка карт. В результате классификации получен растровый слой усохших темнохвойных насаждений на всех 3 снимках и оценена их площадь, которая равна 45%, 36%, 37% от всей площади. Средняя площадь усыхания составила 39%.

В результате работы были скомпонованы карты усохших темнохвойных насаждений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шиятов С. Г. Вертикальные и горизонтальные сдвиги верхней границы редколесий и сомкнутых лесов в XX столетии на Полярном Урале / Шиятов С. Г., Терентьев М. М., Фомин В. В., Н. Е. Циммерманн // Экология. – 2007. – №4. – С. 69-75.
2. Манько Ю. И. Усыхание ели в контексте глобальной деградации темнохвойных лесов. / Манько Ю. И., Гладкова Г. А // Владивосток: Дальнаука. – 2001. – 231 с.
3. Kharuk V. I. Siberian pine decline and mortality in southern siberian mountains. / Kharuk V. I., Im S. T., Oskorbin P. A., Petrov I. A., Ranson K. J // Forest Ecol. and Management. – 2013. – Vol. 10. – P. 312-320.
4. Заповедная Россия [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://zapovednik-stolby.ru/territory/biologicheskoe-raznoobrazie/>.
5. Руководство ERDAS Imagine: учебник / ERDAS Imagine inc // Atlanta, Georgia. – 1997. – 655 с.
6. Про-ГИС [Электронный ресурс]: ПО ArcGIS. - Режим доступа: <http://pro-gis.ru/program>.
7. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы: учеб. пособие для вузов. / Чандра А.М., Гош С.К // Москва: Техносфера. – 2008. – 312 с.
8. Котов А.В. Кластеризация данных: учебное пособие / Котов А.В., Красильников Н.В // Москва: Мир – 2006. – 16 с.
9. Межуниверситетский аэрокосмический центр при Географическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.geogr.msu.ru/>.
10. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования / пер. с англ. М. Кауфман М.Б., Кузьмичева А. А // Москва: Техносфера. – 2006г. – 346 с.

11. Вальков П.К. Методы классификации элементов растительного покрова Манского района: отчет о НИР. // Красноярск: Институт Космических и Информационных технологий. – 2007. – 3 с.

12. Лабутина И.А. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга экосистем ООПТ: методическое пособие. / Лабутина И.А., Балдина Е.А // Москва: Всемирный фонд дикой природы (WWF России) – 2011. – 88 с.